



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11186663 A

(43) Date of publication of application: 09.07.99

(51) Int. Cl

H01S 3/18**H04J 14/00****H04J 14/02**

(21) Application number: 09355453

(71) Applicant: NEC CORP

(22) Date of filing: 24.12.97

(72) Inventor: KAJITA MIKIHIRO

(54) SURFACE LIGHT EMITTING ELEMENT

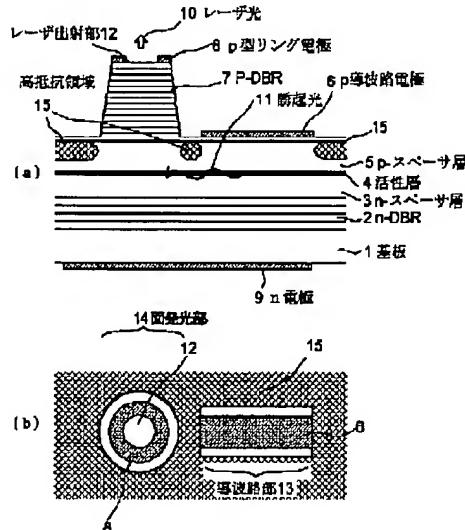
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate temperature dependency and enable wavelength control even after an element is formed, by providing a resonator constituted of two multilayer film reflection mirrors, a surface light emitting part comprising an active layer interposed between the multilayer film reflection mirrors, and a waveguide path part which introduces induced light to a surface light emitting part in an area near a surface light emitting part.

SOLUTION: A waveguide path part 13 is formed in an area near a surface light emitting part 14. Induced light 11 is generated in the waveguide path part 13 by injecting a current to a waveguide path electrode 6, carrier distribution of an active layer changes to the surface light emitting part 14 by injecting the light 11 to the surface light emitting part 14, and gain spectrum changes. The change depends on wavelength and strength of the induced light 11 and gain spectrum can be also controlled by changing the strength, etc. Furthermore, combination with light emitting mode of the surface light emitting part 14 is generated by controlling strength of the induced light 11, and oscillation wavelength of laser beam 10 also changes and

can be used as a wavelength change light source. Strength of the induced light 11, etc., are controlled by a voltage applied to the electrode 6.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-186663

(43)公開日 平成11年(1999)7月9日

(51)Int.Cl.⁶

H 01 S 3/18
H 04 J 14/00
14/02

識別記号

F I

H 01 S 3/18
H 04 B 9/00

E

審査請求 有 請求項の数16 O.L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-355453

(22)出願日 平成9年(1997)12月24日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 梶田 幹浩

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
式会社内

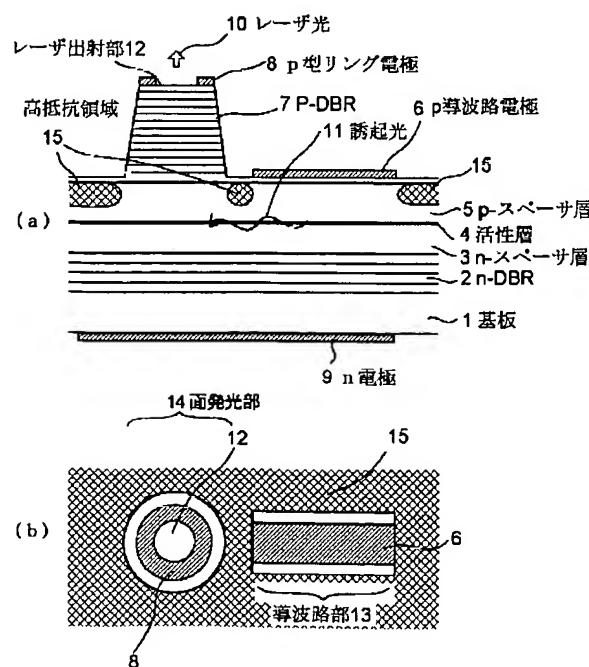
(74)代理人 弁理士 若林 忠 (外4名)

(54)【発明の名称】面発光素子

(57)【要約】

【課題】 温度依存性がほとんど無く、素子形成後にも波長制御可能な面発光素子を提供する。

【解決手段】 二つの多層膜反射鏡で構成された共振器と前記多層膜反射鏡に挟まれた活性層を含む面発光部14と、該面発光部近傍に該面発光部へ誘起光11を導入する導波路部13とを有する面発光素子。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 二つの多層膜反射鏡で構成された共振器と前記多層膜反射鏡に挟まれた活性層を含む面発光部と、該面発光部近傍に該面発光部へ誘起光を導入する導波路部とを有することを特徴とする面発光素子。

【請求項2】 前記導波路部は、前記面発光部と活性層を共有していることを特徴とする請求項1に記載の面発光素子。

【請求項3】 前記導波路部は、前記面発光部近傍に再成長プロセスにより形成され、前記面発光部の活性層と異なる組成の活性層を有することを特徴とする請求項1に記載の面発光素子。

【請求項4】 前記導波路部と面発光部との間が分離されており、前記導波路部の該分離面及びその対向した面に端面ミラーが形成されて、前記導波路部が端面レーザとして機能することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の面発光素子。

【請求項5】 基板上に少なくともn型多層膜反射鏡、n型中間層、活性層、p型中間層、p型多層膜反射鏡を順次成膜する工程、

面発光部のメサ構造にp型多層膜反射鏡をエッチングし、更に導波路部予定部位をメサ構造にエッチングして導波路部を形成する工程、

前記面発光部及び導波路部のメサ構造上にp型電極を形成する工程、

高抵抗領域を形成する工程、及び基板裏面にn型電極を形成する工程とを含んでなる面発光素子の製造方法。

【請求項6】 前記導波路部予定部位の活性層をエッチング除去し、前記活性層とは異なる組成の活性層を再成長プロセスにより形成した後、該再成長部分をメサ構造にエッチングする工程を有することを特徴とする請求項5に記載の面発光素子の製造方法。

【請求項7】 前記導波路部と面発光部との間を分離する工程、前記導波路部の該分離面の対向した面に端面ミラーを形成する工程とを有することを特徴とする請求項5又は6に記載の面発光素子の製造方法。

【請求項8】 請求項1～4のいずれかに記載の面発光素子を用いたレーザ発振方法であって、所定温度における面発光部の共振ピークを予め面発光部の利得ピークより大きく設定し、導波路部への電圧印加によって発生する誘起光を面発光部に導入して面発光部の利得ピークと共振ピークとが一致するように印加電圧を調整することを特徴とするレーザ発振方法。

【請求項9】 温度変動に伴う共振ピークの変動に際して、導波路部への印加電圧を調整して面発光部の利得ピークの変動量を前記共振ピークの変動量に一致させることを特徴とする請求項8に記載のレーザ発振方法。

【請求項10】 請求項1～4のいずれか1項に記載の面発光素子を用い、温度変化に伴う共振ピークと利得ピークの変動を利用した多波長レーザ発振方法であって、

所定温度における面発光部の共振ピークを予め面発光部の利得ピークより大きく設定し、導波路部への印加電圧調整によって発生する誘起光を面発光部に導入して面発光部の利得ピークと共振ピークとを一致させて一つの波長の発振を行い、次に素子温度を変化させて共振ピークを変化させ、再度導波路部への印加電圧を調整して面発光部の利得ピークの変動量を前記共振ピークの変動量に一致させ、前記波長とは異なる波長の発振を行うことを特徴とする多波長レーザ発振方法。

【請求項11】 少なくとも、送信部と、それに対応する受信部と、その間をつなぐ光伝送手段とを有する光通信システムにおいて、前記送信部の光源として請求項1～4のいずれか1項に記載の面発光素子を用い、一光源から一又は複数の波長の光を発振可能であり、前記光伝送手段は一つの送信部から一又は複数の受信部とを連絡するものである光通信システム。

【請求項12】 前記光伝送手段は複数の分波器及びそれに対応する合波器を有しており、複数の波長信号により波長分割多重通信を行うものである請求項11に記載の光通信システム。

【請求項13】 前記複数の分波器から送出された波長信号を波長毎に一旦集め、該集められた信号のうち所望の信号を所望の合波器へ送信する光スイッチを有することを特徴とする請求項12に記載の光通信システム。

【請求項14】 前記光スイッチが入力された波長信号を電気信号へ変換し、所望の電気信号を再び波長信号へ変換して所望の合波器へ送信するものであって、該波長信号への変換手段が請求項1～4のいずれか1項に記載の面発光素子を光源として有することを特徴とする請求項13に記載の光通信システム。

【請求項15】 前記光スイッチから合波器への伝送経路に波長変換器を挿入することを特徴とする請求項13に記載の光通信システム。

【請求項16】 前記波長変換器の光源として請求項1～4のいずれか1項に記載の面発光素子を用いたことを特徴とする請求項15に記載の光通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、面発光素子に関し、特に、温度依存性がほとんど無く、かつ発光の周波数帯を制御することのできる面発光素子に関する。また、本発明は該面発光素子の製造方法並びにレーザ発振方法に関する。更に本発明は多波長レーザ発振に対応した面発光素子及び多波長レーザ発振方法に関する。加えて本発明は該面発光素子を用いた光通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 データ通信の分野では、通信データレートの高速化が急速に進んでおり、さらなる大容量伝送、広帯域伝送が行われつつある。こうした高速化を行う際

に、光を用いることが注目され、また実用化されてきている。光を用いることで、ケーブルから出るEMIなどの電磁波ノイズの影響を除去でき、軽量なケーブルで大容量伝送を実現できる。最近の例として、ファイバチャンネル(1.0625Gbps)やギガビットイーサネット(1.25Gbps)が光モジュール製品として出されている。

【0003】また、高速大容量伝送に対しては、波長分割多重(WDM: Wavelength Division Multiplex)技術の検討が進みつつあり、この伝送に使用する素子の開発も重要なところである。

【0004】こうした高速化に向けて、なおかつ安価な光源として面発光レーザ素子(VCSEL)が開発され、上記のような光モジュールにすでに組み込まれている。VCSELの特徴は安価(ウエハでの検査が可能なため検査コストが安い、劈開によりミラー端面を作製する必要がないため歩留まりがよく安くなる)、出射角が狭くファイバとの結合に向く、信頼性の面でCDレーザより良いなどが挙げられる。

【0005】光源として要求される性能の一つとして、温度特性が良好であること(究極的には温度無依存)が挙げられる。温度変化に対してその性能が大きく変わる(通常は高温になると劣化する)と、自動出力制御(APC: Automatic Power Control)などの補正を行っても、電力消費を大きくすることにはかわりなく、劣化を加速している状態になるからである。

【0006】通常の端面発光レーザなどでは、こうした温度上昇に対する特性劣化を防ぐ手段はほぼなく、いかにその劣化を小さくできるかに注力されていた。

【0007】VCSELにおいて従来講じられてきた方法は、利得ピークを共振器ピークの短波長側に設定(利得オフセット)することで、温度上昇時に両者が一致し、特性劣化を防ぐことができるというものであった(利得ピークは約0.3nm/°C、共振ピークは約0.07nm/°C長波側へシフトしていく)。こうした方法の詳細は1993年IEEE Journal of Quantum ElectronicsのVOL.29、2013頁から2022頁にあるD.B. Youngらの論文に記載されている。他に活性層の量子井戸の利得ピークを各量子井戸で異ならせしめることで利得幅を広げ、広い温度範囲で一様な利得を得ることができるようとした試みもある。この方法に関しては、1995年IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 1 pp.654-660にあるM.Kajitaらの論文或いは特開平7-245449号公報に記載されている。

【0008】上記利得オフセット法に依れば、図8に示すようにある温度範囲では発光素子の発振しきい値を低く抑えることが可能となる。なお、端面発光レーザでは温度上昇と共にしきい値が上昇してしまい、その制御は不可能である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これら

の方法では、ウエハ成長の際に精密制御を行うことが必要であり、そのため、製造歩留まりは必ずしも良くない。

【0010】これに対して、本発明者は先に、活性層を低温成長させて、成長時に不可避な膜厚分布やフラックスのふらつき等による利得オフセット量の設計値からのずれを回避すると共に、ウエハ成長後に、共振ピークと利得ピークの情報を得て、得られた情報から両ピーク間のオフセット量が所望の温度特性となるように素子を所定の温度で熱処理することで常に設計値どおりの優れた特性を有する面発光素子の製造方法を提案している(特開平9-8413号公報)。

【0011】上記のように形成された面発光素子では、ある程度の広い温度範囲にわたって素子特性が一定の素子が実現できるが、一度設計された範囲は変更できず、その範囲から外れた場合には特性劣化は避けられない。

【0012】また、このように光の強さに関する制御については、従来実施されてきたが、波長に関する制御は作り込みのみで行われ、その後の制御は実施していないのが現状である。

【0013】従って本発明の目的は、温度依存性のほとんど無い面発光素子を提供することにある。

【0014】また本発明は、素子形成後にも波長制御可能な面発光素子を提供することを目的とする。

【0015】更に本発明は、これらの素子を用いたレーザ発振方法、特に多波長レーザ発振方法を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記課題は、二つの多層膜反射鏡で構成された共振器と前記多層膜反射鏡に挟まれた活性層を含む面発光部と、該面発光部近傍に該面発光部へ誘起光を導入する導波路部とを有することを特徴とする本発明の面発光素子により達成される。

【0017】上記面発光素子は、基板上に少なくともn型多層膜反射鏡、n型中間層、活性層、p型中間層、p型多層膜反射鏡を順次成膜する工程、面発光部のメサ構造にp型多層膜反射鏡をエッチングし、更に導波路部予定部位をメサ構造にエッチングして導波路部を形成する工程、前記面発光部及び導波路部のメサ構造上にp型電極を形成する工程、高抵抗領域を形成する工程、及び基板裏面にn型電極を形成する工程とを含んでなる製造方法によって製造することができる。

【0018】又、上記面発光素子を用いたレーザ発振方法では、所定温度における面発光部の共振ピークを予め面発光部の利得ピークより大きく設定し、導波路部への電圧印加によって発生する誘起光を面発光部に導入して面発光部の利得ピークと共振ピークとが一致するように印加電圧を調整することにより達成される。

【0019】更に、上記面発光素子を用いて、所定温度における面発光部の共振ピークを予め面発光部の利得ピ

ークより大きく設定し、導波路部への印加電圧調整によって発生する誘起光を面発光部に導入して面発光部の利得ピークと共振ピークとを一致させて一つの波長の発振を行い、次に素子温度を変化させて共振ピークを変化させ、再度導波路部への印加電圧を調整して面発光部の利得ピークの変動量を前記共振ピークの変動量に一致させ、前記波長とは異なる波長の発振を行うことで多波長レーザ発振が達成される。

【0020】また、本発明では、少なくとも、送信部と、それに対応する受信部と、その間をつなぐ光伝送手段とを有する光通信システムにおいて、前記送信部の光源として上記の面発光素子を用い、一光源から一又は複数の波長の光を発振可能であり、前記光伝送手段は一つの送信部から一又は複数の受信部とを連絡するものである光通信システムが提供される。

【0021】

【発明の実施の形態】今後、WDMが多く利用される場面では、波長制御は必須であり、このような技術を実現する意味でも作り込み、および、動作時の制御の観点からも本発明による機能付加による制御が必須となる。また、本発明による導波路の作り込みは、面発光レーザ素子の作り込みのプロセスにコスト的影響を与えるものではなく、また、光部品としての歩留まりやアセンブリにも悪影響を与えないため、大きなデメリットはないと考えられる。

【0022】図1に示すように、面発光レーザ素子（VCSEL）近傍に形成した端面型の導波路が本発明の特徴である。この端面型の導波路への電流注入を変化させることでVCSELの活性層の利得形状を変化させてピークを変えて共振ピークと一致させる。ウエハ成長の際の精密制御にすべて依存してしまう方法ではなく、後から（素子作製後に）制御することが可能なため、歩留まりも向上し、かつ発光の周波数帯を制御することができ、WDMにも活用できる。

【0023】

【実施例】実施例1

以下、図面を参照して本発明を詳細に説明する。

【0024】図1に示すように、面発光部14近傍に導波路部13が形成されている。基板1の上にn型多層膜反射鏡としてのn型DBR（Distributed Bragg Reflector）2、n型中間層としてのn型スペーサ層3、活性層4、p型中間層としてのp型スペーサ層5、p型多層膜反射鏡としてのp型DBR7の順に層が形成され、p電極を各々導波路電極6および面発光電極8としてとり、n電極9を共通電極として基板1裏面にとる。導波路部13は光を閉じこめるためにメサ形状にエッチングされており、そのメサの上に電極6を作る。面発光部14のメサ部分もエッチングされており、表面出射のレーザの場合、リング電極8を図のように作る。

【0025】メサのエッチングには塩素ガスを用いたR

I BE（Reactive Ion Beam Etching）を用いればよい。これらの面発光部、導波路部以外の部分は高抵抗領域となっており、電流注入を効率よく行えるようになっている。導波路電極6に電流を注入することで、導波路部13に誘起光11が発生し、これが面発光部14へ入射することで、面発光部14の活性層のキャリア分布が変化し利得スペクトルが変化する。その変化の具合は、誘起光11の波長、強さに関係しており、その強度などを変えれば利得スペクトルの制御も行える。また、誘起光11の強度を制御することで、面発光部の発光モードとの結合が起き、レーザ光10の発振波長も変化し、波長可変光源として用いることができる。誘起光11の強度などは、電極6へ加える電圧により制御する。

【0026】なお、レーザ光の出射は、図1とは逆に素子下部からも可能である。その場合は基板を通しての発振であるため、基板材料により発振できる波長帯に若干の制限を受ける。また、素子下部からの出射の際は、図1のリング電極8に代えて円盤電極として出射部12を隠し、素子下部の電極9にレーザ出射のために穴を空けるなどすれば良い。

【0027】材料の例としては、基板1をSiドープのGaAsとし、n型DBR2をSiドープGaAsとSiドープAlAsとを交互に $1/4\lambda$ （ λ は発振波長を表す）厚ずつ例えれば24周期積層したものとし、n型スペーサ層3をSiドープのAlGaAs（Al組成を例えれば0.5とし、）とし、活性層4をアンドドープのInGaAs（In組成を例えれば0.2とし、厚さは例えればおよそ30nmである）とし、p型スペーサ層5をBeドープのAlGaAs（Al組成を例えれば0.5とし、厚さは $1/2\lambda$ である）とし、p型DBR7をBeドープGaAsとBeドープAlAsとを交互に $1/4\lambda$ 厚ずつ例えれば20周期積層したものとする。高抵抗領域15はプロトンを例えればドーズ量 $5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 、注入エネルギー85keVで打ち込んで形成する。P型リング電極8およびp型導波路電極6はTi/Pt/Auをアロイして用いる。n型電極9はAuGe/Ni/Auをアロイして用いる。面発光部14のメササイズは例えれば $15 \mu\text{m}$ φ、導波路部13のメサ幅は $10 \mu\text{m}$ 、長さは $100 \mu\text{m}$ とする。

【0028】まず本発明による素子の作製方法から説明する。MBE（Molecular Beam Epitaxy）あるいはMOCVD（Metal-Organic Chemical Vapor Deposition）により図2(a)に示すようにp型DBR7までを積層した構造のウエハを作製する。その後、フォトレジスト21をマスクとして用いたリソグラフィーの工程を経て面発光部（図2(b)）と導波路部（図2(c)）のメサをエッチングにより形成する。その後、p型電極をリフトオフのプロセスにより形成し、それらの電極をマスクとして水素イオン（プロトン）注入を行い高抵抗領域を形成する。蒸着に関しては、通常の真空蒸着器で行え

ばよい。あとは裏面にn型電極を蒸着して完成する(図2(d))。レーザ出射部12の表面に出ている層はGaAs層に必ずして、Beのドーピング濃度もその部分だけは $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ と高めに設定しておく。こうすることで、イオン注入されても、ドーピング濃度の方が上回るため、結晶の破壊は起こらず抵抗値はこの部分だけ上がらない。

【0029】なお、導波路部と面発光部はその距離が短ければ短いほどその効果が大きく好ましいが、両者の間で電極を分離する必要があるため、その制約内でできるだけ近接するよう形成する。その距離が大きくなると、面発光部の活性層に導入される導波路で誘起された誘起光強度が低下するため、その分導波路部への印加電圧を大きくする必要がある。従って、実用上導波路部と面発光部との距離は、好ましくは $10 \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5 \mu\text{m}$ 以下とすれば良い。また、イオン注入により形成される高抵抗領域は、導波路部と面発光部を電気的に絶縁するため、図1に示すように活性層に届かない程度に打ち込むのが望ましい。また、活性層に達するまで打ち込む場合には、面発光部と導波路部との間にマスクなどを形成した状態でイオン注入を実施して、その部分に高抵抗領域を形成しないのが好ましい。その場合、DBRのGaAs層のドーピング濃度を $3 \times 10^{-18} \text{ cm}^{-3}$ 程度までに抑えることで面発光部と導波路部との間を電気的に分離することが可能となる。

【0030】次に、動作の説明を行う。導波路電極6に適当な電圧を加えると、導波路部13より誘起光11が発生する。面発光部14では、図3(b)に示すようにすでに発振が行われている。ここに導波路部13より誘起光11を導入することによって、図3(c)に示すように面発光部14の利得スペクトルを変化させることができる。加える電圧の大きさを変化させると、発生する誘起光の強度が図3(a)のように強くなっていくので、面発光部14の活性層に入していく誘起光励起のキャリア密度が増加し、その増加したキャリアが利得スペクトルを変化させる。ここで、温度が上昇すると、利得ピークは長波長側へシフトしていく。そこで、面発光部14の共振ピークを利得ピークよりかなり大きく長波長側へ設定しておき、誘起光11をはじめ(室温時)強く入射する(電圧を大きくかける)ことで利得ピークを大きく長波の方へ(共振ピークに一致するように)シフトさせる(図4(a))。室温では、このように利得ピークと共振ピークが一致しているのだから特性は良好になる。温度が上昇すると(図では 100°C)、共振ピークのシフト量よりも利得のシフト量のほうが大きく、利得ピークは長波へ動き出し、利得ピークと共振ピークとが一致しなくなる(図4(b))。そこで、あらかじめ強く入射していた誘起光を弱くするように導波路部への印加電圧を下げていく。すると、利得ピークは見かけ上、大きく長波の方へはシフトせず、共振ピークと同じシフ

ト量に調整することが可能となる(図4(c))。つまり、温度上昇時でもつねに両方のピークが一致するため、特性はいつも最良の状態で、劣化量がほとんどなくなる。

【0031】なお、上記説明では室温時を基準にして説明しているが、基準温度は限定されるものではなく、適宜所望の使用条件に応じて決定すれば良い。また、上記説明では温度の上昇に対しての調整について説明しているが、例えば逆に、基準温度を高温に設定しておいて、温度低下時に導波路部への印加電圧を増大させるようにすることも可能である。

【0032】導波路への印加電圧は導波路の形状により異なり、また、必要とされる誘起光強度により一概には言えないが、およそ 0 V より大きく、 5 V より小さい程度である。一方、面発光部への印加電圧はその材料により決定されるしきい値以上となる電圧であれば良く、例えば上記の例では 5 V 程度である。

【0033】実施例2

上記の実施例1では、導波路部と面発光部とは連続して活性層を共有していたが、図5に示すように導波路部を面発光部と切り離して、再成長プロセスにより別途n型スペーサ層51、活性層52、p型スペーサ層53を積層して導波路部54を形成することにすると、活性層に用いることができるInGaAsの組成を面発光部と変えることができる。つまり、図2(b)の工程の後、導波路予定部位をエッチングし、再成長プロセスで面発光部と異なる活性層を形成した後、図2(c)に示すように導波路部をメサ構造にエッチングすれば良い。これにより、あらかじめ導波路部のInGaAsの利得ピークを図6(a)に示すように面発光部(λ_0)より短波側(λ_1)へ設定しておけば、面発光部の見かけ上の利得ピークは λ_1 となり(図6(b))、導波路電極への印加電圧を増加させていくことで上記と同じ効果を得ることができる。

【0034】また、実施例1または上記実施例2で、温度変動に伴って面発光部の発振波長も変化していくので、それをを利用して、面発光部の発振波長を制御することも可能である。つまり、所定温度における面発光部の共振ピークを予め面発光部の利得ピークより大きく設定し、導波路部への印加電圧調整によって発生する誘起光を面発光部に導入して面発光部の利得ピークと共振ピークとを一致させて一つの波長の発振を行い、次に素子温度を能動的に変化させて共振ピークを変化させ、再度導波路部への印加電圧を調整して面発光部の利得ピークの変動量を前記共振ピークの変動量に一致させることで、前記波長とは異なる波長の発振を行うことができる。

【0035】1つの材料で可能な発振波長の範囲は、利得の幅が約 25 nm 程度あることから、最低でもこの範囲で変化させることは可能であるが、本発明では更に温度変化を利用することが可能なため、前記したように利

得ピーカが約0.3 nm/°Cで変化するので、温度範囲を100°Cとすれば約28 nm程度の範囲で高精度に制御することができる。ちなみに、WDMで必要とされる波長帯域は光アンプの帯域程度であり、現状では約26 nm程度(0.8 nm間隔で32波長、或いは1.6 nm間隔で16波長)であるので、本発明で十分対応できる。

【0036】実施例3

上記実施例1、2で形成した面発光素子において、面発光部と導波路部をエッチングにより分離し、さらに導波路部に図7のように端面ミラー72を形成すると、導波路部は端面レーザとして機能し、導波路部のメサの長さを1 mm程度に長く形成し、高出力が出せるようにしておけば、この導波路部のレーザ光71を用いた光励起で面発光部を発振させることも可能である。このメリットは、一般に面発光レーザは抵抗が高いのが短所であるが、導波路部への電流注入であるため抵抗は低く抑えられることである。

【0037】面発光部と導波路部を分離している溝の幅としては、導波路部で発振された所望強度の誘起光が確実に面発光部の活性層に入射できれば特に制限はないが、あまり遠すぎると導波路端面から射出される誘起光が弱くなるので、通常10 μm以下、好ましくは、5 μm以下とする。下限については端面ミラーが実質的に形成できれば制限されないが、エッチングの際の製造限界によって自ずと決定される。

【0038】各層の材料は所望の波長が得られるよう適宜選択して使用することができ、上記の実施例で示したものに限られるものではない。例えば、上記のAlGaAs系の材料では、0.98 μm程度、活性層部分をInGaAsからGaAsに変更すれば0.85 μm程度、材料系をInGaAsP系に変更すれば1.3 μm程度の波長帯での発振が可能となる。また組成に関しても同様である。サイズに関しても一例であり、制限されるものではない。各層の形成方法、エッチング方法に関しても一例を示したにすぎない。

【0039】利得ピーカをもっと大きく動かしたい場合は、面発光部の周囲に複数個の導波路部を形成してもよい。その各々に電極をつけてもよいし、抵抗値がほぼ同じなら共通電極としてもかまわない。第一の実施形態では、イオン注入の際、レーザ出射部12を保護することをしなかったが、安全のために、SiNなどの誘電体膜あるいはフォトレジストで覆いイオン注入後に除去する工程を加えても良い。

【0040】実施例4

次に、本発明の面発光素子を波長分割多重(WDM)システムに用いる場合の例を以下に示す。

【0041】WDMの第1の例を図9に示す。1からNのN本の伝送路を伝送するλ₁～λ_MのM個の波長信号は伝送路に応じて固定の分波器91に入力される。この分

波器91により渉過された波長信号は、これも分波器に応じて固定の合波器92に送出される。例えば、図9では、伝送路1から入力した信号のうち、λ₁はそのまま合波器(1)へ送られるが、λ_Mは他の合波器へ送られるように構成することで、スイッチングされる。スイッチングされた各波長信号は合波器を介して合波され伝送路へと出力される。このようなケースでは波長精度がかなり高くないと分波の際に隣り合う波長信号同士がクロストークしてしまい、出力すべき伝送路へ送出されない虞がある。本発明によれば、不図示の送信側光源に本発明の面発光素子を用いることにより、常に精度よく所望の波長の光を発振できるため、高精度での通信が可能となり、上記のクロストークの問題を回避することができる。ここで、分波器、合波器としては、例えばAWG(Array Waveguide Grating)などを用いれば良い。

【0042】実施例5

WDMの第2の例を図10に示す。同図では、第1の例の分波器91と合波器92との間に、使用する波長数に応じた波長スイッチ93を挿入した構成で、分波器から送出された各波長信号は、波長毎に個別の波長スイッチに集められ、図面ではN個の分波器より分波されたλ₁という波長の信号は、すべて波長スイッチλ₁に集められる。この波長スイッチ内でスイッチングを行い、任意の合波器のポートへ送出するものである。ここでも本発明の面発光素子を用いることで上記と同じに高精度での通信を可能ならしめる。また、使用する波長スイッチが光信号を一旦電気信号に変換するものであれば、再び光変換して任意の合波器に送る際の光源として本発明の面発光素子を使用することも可能であり、その場合にも正確に所望の波長を送信することができる。

【0043】実施例6

WDMの第3の例は、図11に示されるように、図10で示した波長スイッチ93の後に波長変換器94を挿入した構成である。ここでは波長スイッチ93は次に送出される伝送路を決めるために用意されており、波長自体は波長変換器94により決定される。これは、受信側で図9に示すような構成のシステムしか用意していない場合で、送信側で能動的にどの波長で送信するかを決めなければならない場合に有効である。また、波長可変機能を有することで、伝送路のトラフィックを監視しながら、比較的混雑していない波長で通信できるというメリットもある。また、第2の例と同様に波長変換器の光源として本発明の面発光素子を用いれば、精度の高い波長へと変換することが可能であり、極めて有効である。

【0044】なお、上記の説明では一方向通信の例に限って説明したが、合波器、分波器を共に合波分波器とすれば双方方向通信も可能であることは言うまでもない。またそれに伴う細部の変更も当業者であれば適宜成しうるものである。

【0045】

【発明の効果】本発明によれば、ほとんど温度無依存の光データリンク用光源を作製することが可能であり、コンピュータ内などでの温度上昇に曝される使用条件下に対しても温度制御などのケアが不要となる。すなわち、温度依存を考えられるのは、光出力の強度と波長である。光出力の強度は従来も制御されており問題ないが、波長に関しては制御されていない。現状の単一波長のモジュールの置き換えレベルでは問題ないが、今後のWDM等の複数波長通信への対応を考えると波長の制御は必須である。この波長の制御を作り込みの段階を終えた後工程で実施でき、歩留まりを向上できる。また、この波長制御が動作中に高精度に実施できることから、機能面でもWDMに使用可能となる。

【0046】また、本発明で作り込む導波路に関しては、通常のVCSELの製造プロセスを変えるものではなく、かつ、素子の歩留まりやアセンブリに悪影響を与えるものではなく十分な効果がでるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態になる面発光素子の該略図であり、(a)は断面図、(b)は上面図である。

【図2】本発明の面発光素子の製造工程の一例を示す断面工程図である。

【図3】本発明の利得制御の原理を説明する図であり、(a)は導波路部の印加電圧に対する誘起光強度の関係を示す図、(b)は導波路部への電圧印加の無い状態での面発光部の利得ピーク(破線)と所定の電圧が導波路部へ印加された時の面発光部の利得ピークのシフト(実線)を示す図である。

【図4】本発明の面発光素子における共振ピークと利得ピークの関係を示すもので、(a)は室温(25°C)において共振ピークと利得ピークを一致させた図、(b)は温度上昇時(100°C)の共振ピークと利得ピークとのシフト量のずれを示す図、(c)は(b)においてずれた利得ピークを共振ピークに一致させた図である。

【図5】本発明の第二の実施形態になる面発光素子の概略断面図である。

【図6】図5の面発光素子における利得ピークを示す図であり、(a)は面発光部と導波路部でのそれぞれの利

得ピークを示し、(b)は両者を合わせて示される見かけ上の面発光部の利得ピークを示す。

【図7】本発明の第三の実施形態になる面発光素子の概略断面図である。

【図8】従来の端面レーザ及び利得オフセットVCSELの発振しきい値の温度依存性を示す図である。

【図9】本発明によるWDMシステムの第1の例を説明する概念構成図である。

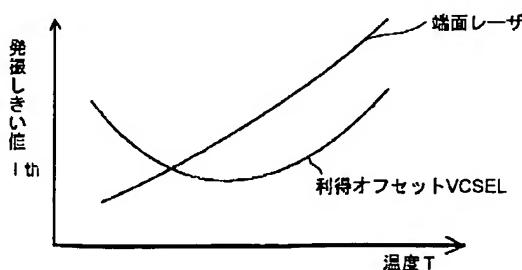
【図10】本発明によるWDMシステムの第2の例を説明する概念構成図である。

【図11】本発明によるWDMシステムの第3の例を説明する概念構成図である。

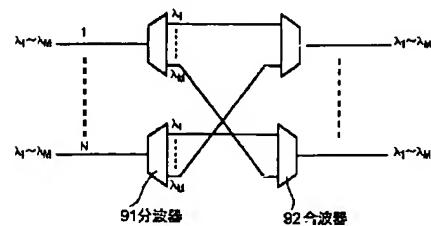
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 n型DBR
- 3 n型スペーサ層
- 4 活性層
- 5 p型スペーサ層
- 6 p型導波路電極
- 7 p型DBR
- 8 p型リング電極
- 9 n型電極
- 10 レーザ光
- 11 誘起光
- 12 レーザ出射部
- 13 導波路部
- 14 面発光部
- 15 高抵抗領域
- 51 n型スペーサ層
- 52 活性層
- 53 p型スペーサ層
- 54 導波路部
- 71 端面レーザ光
- 72 端面ミラー
- 91 分波器
- 92 合波器
- 93 光スイッチ
- 94 波長変換器

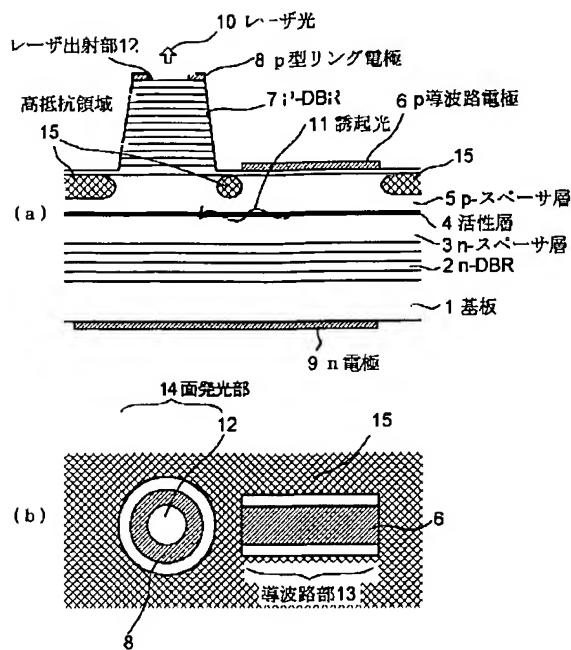
【図8】



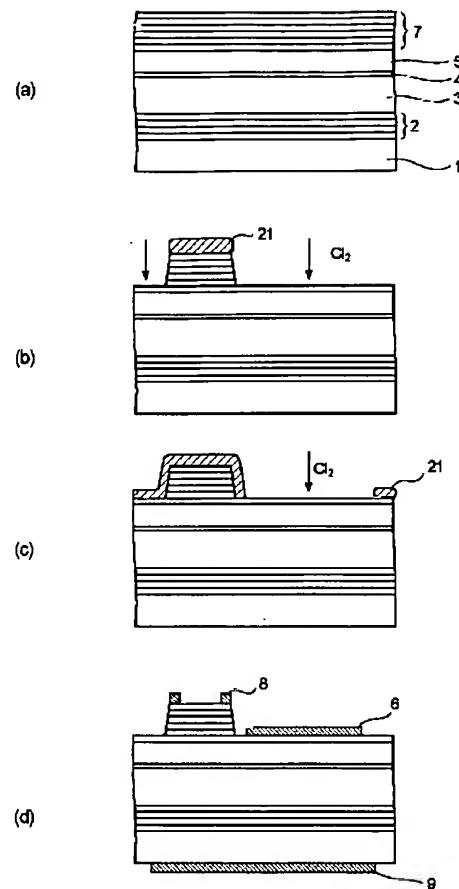
【図9】



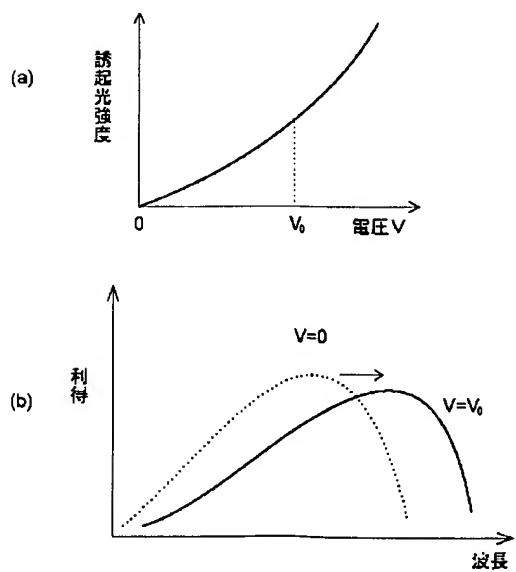
【図1】



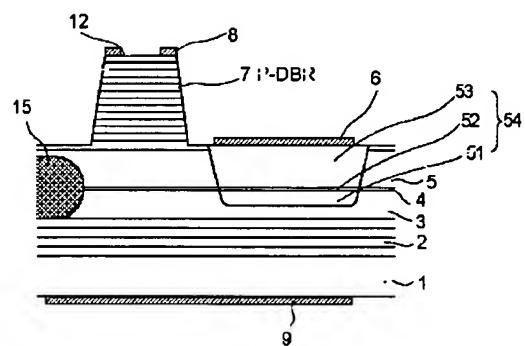
【図2】



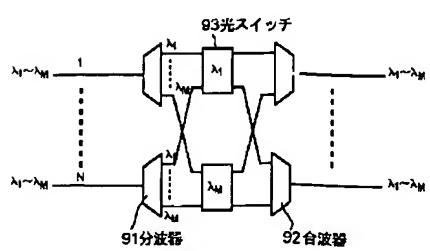
【図3】



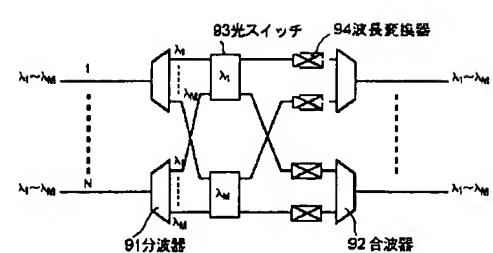
【図5】



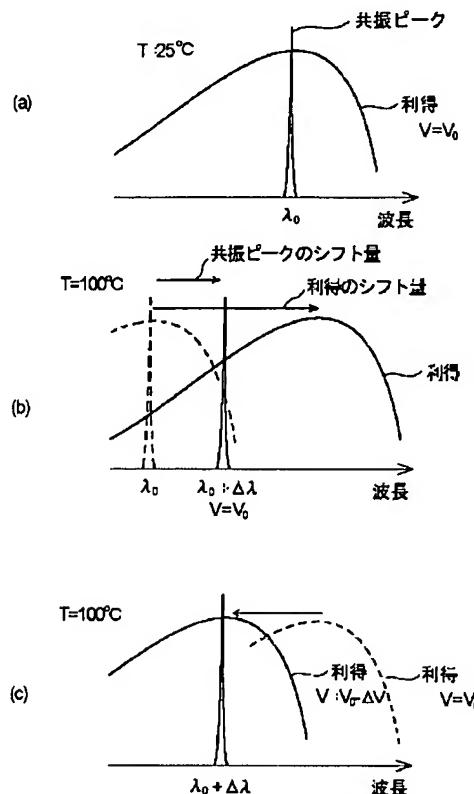
【図10】



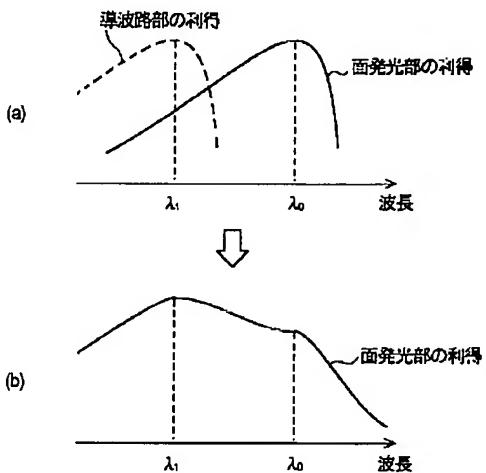
【図11】



【図4】



【図6】



【図7】

